

## PATENT ABSTRACTS OF JAPAN

(11)Publication number : 11-052146

(43)Date of publication of application : 26.02.1999

(51)Int.Cl.

G02B 6/00

G02B 6/18

(21)Application number : 09-205559

(71)Applicant : ASAHI CHEM IND CO LTD

(22)Date of filing : 31.07.1997

(72)Inventor : TOYOSHIMA SHINICHI

**(54) PLASTIC OPTICAL FIBER WITH REFRACTIVE INDEX DISTRIBUTED IN MULTIPLE STAGE****(57)Abstract:**

**PROBLEM TO BE SOLVED:** To improve the bendability of an optical fiber by concentrically laminating many resins different from one another in refractive index to form a stepwise refractive index gradient in the resultant fiber with many layers and specifying the structure of a part near the outermost layer.

**SOLUTION:** The central core of the plastic optical fiber is a 1st layer and the outermost layer is an N-th layer (N is an integer of  $\geq 5$ ). The resin of the 1st to the (N-2)-th layers is a methyl methacrylate polymer. The light transmission loss of the resin of the 1st to the (N-2)-th layers is  $\leq 200$  dB/km and that of the resin of the (N-1)-th layer is 3,000-100,000 dB/km in the case of monochromatic light of 650 nm when the light transmittance of the resin is expressed in terms of the transmission loss of a step index plastic optical fiber at the time of using each layer resin as the material of the core and the resin of the N-th layer as the material of the sheath. Refractive index lowers stepwise from the 1st layer to the (N-1)-th layer in an almost square distribution of the radius of each layer and the refractive index difference between the adjacent layers is  $\leq 0.01$ . The refractive index difference between the (N-1)-th layer and the N-th layer is  $\geq 0.02$ .

**LEGAL STATUS**

[Date of request for examination] 27.03.2000

[Date of sending the examiner's decision of rejection]

[Kind of final disposal of application other than the examiner's decision of rejection or application converted registration]

[Date of final disposal for application]

[Patent number] 3258605

[Date of registration] 07.12.2001

[Number of appeal against examiner's decision of rejection]

[Date of requesting appeal against examiner's decision of rejection]

[Date of extinction of right]

Copyright (C); 1998,2003 Japan Patent Office

(19) 日本国特許庁 (J P)

(12) 公 開 特 許 公 報 (A)

(11) 特許出願公開番号

特開平11-52146

(43) 公開日 平成11年(1999) 2月26日

(51) Int.Cl.<sup>9</sup>

G 0 2 B 6/00  
6/18

識別記号

3 9 1

F I

G 0 2 B 6/00  
6/18

3 9 1

審査請求 未請求 請求項の数 3 O L (全 6 頁)

(21) 出願番号 特願平9-205559

(22) 出願日 平成9年(1997) 7月31日

(71) 出願人 000000033

旭化成工業株式会社

大阪府大阪市北区堂島浜1丁目2番6号

(72) 発明者 豊島 真一

千葉県袖ヶ浦市中袖5番地の1 旭化成工業株式会社内

(74) 代理人 弁理士 渡辺 敬介 (外1名)

(54) 【発明の名称】 多段階屈折率分布プラスチック光ファイバ

(57) 【要約】

【課題】 伝導域性と曲げによる光量ロスの小さいプラスチック光ファイバを提供する。

【解決手段】 5層以上の多層構造で、中心から外側に向かって段階的に屈折率が低くなり、内層部はメチルメタクリレート系樹脂からなる高光透過性樹脂、最外層は低屈折率樹脂、最外層から2番目の樹脂は低光透過性樹脂で形成した多段階屈折率分布プラスチック光ファイバとする。

## 【特許請求の範囲】

【請求項1】 N層（Nは5以上の整数）の同心円状多層構造を有し且つ屈折率が中心から外側に向かって順次段階的に低くなる樹脂製のプラスチック光ファイバであり、中央芯を第1層、最外層を第N層とした時、第1層～第N-2層の樹脂がメチルメタクリレート系重合体であり、第1層～第N-1層の樹脂の光透過性が、各樹脂を芯とし、第N層樹脂を鞘としたステップインデックスプラスチック光ファイバの伝送損失値で表わした場合、650nmの単色光に対して、第1層～第N-2層の各樹脂が200dB/km以下であり、第N-1層の樹脂が3000～100000dB/kmであり、且つ、屈折率が第1層～第N-1層までは各層の半径に対しほぼ二次分布的に段階的に低下し、且つ隣り合った各層間の屈折率差が0.01以下であり、第N-1層と第N層との屈折率差が0.02以上であることを特徴とする多段階屈折率分布プラスチック光ファイバ。

【請求項2】 第N-1層の樹脂の伝送損失値が6000～30000dB/kmである請求項1記載の多段階屈折率分布プラスチック光ファイバ。

【請求項3】 第1層～第N層の各樹脂を同時に溶融状態で多層複合紡糸して得られた請求項1または2記載の多段階屈折率分布プラスチック光ファイバ。

## 【発明の詳細な説明】

## 【0001】

【発明が属する技術分野】本発明は、グレーディッドインデックス（GI）型プラスチック光ファイバに準ずる広帯域を有する多段階屈折率分布プラスチック光ファイバに関するものである。

## 【0002】

【従来の技術】GI型光ファイバは、ファイバの中心の屈折率が最も高く、外側にゆくに従って屈折率が二次分布的に低くなるように形成された光ファイバのことであり、伝送帯域の広いことが特長である。このGI型光ファイバとしてプラスチック製のものが昭和40年代から多数提案されているが、中でも優れたものとしては、慶応大学の大塚、小池らの開発によるものがある。

【0003】これらのGI型プラスチック光ファイバは、主としてプリフォーム方式で製造される。この方式は、予め屈折率分布を持たせたプリフォームロッドと呼ばれる棒を重合によって形成し、それを熱で伸ばしてファイバとするものである。重合体としては主としてメチルメタクリレート系重合体が用いられている。プリフォームロッドに屈折率分布を持たせるには、主としてメチルメタクリレートモノマーと高屈折率の重合性モノマー或いは非重合性化合物を静置、或いは回転させ、細心の注意を払いながら長時間かけて重合固化させて製造している。このプリフォームロッドの出来具合が、GI型光ファイバの伝送損失や帯域などの重要な性能を決定する。

## 【0004】

【発明が解決しようとする課題】従来のGI型プラスチック光ファイバの問題点は生産性に劣る点にある。プラスチック光ファイバの特長は大口径で扱い易いことであるが、この特長が有効な0.5～1.0mm程度の直径の光ファイバを上記したプリフォーム方式で製造すると、ファイバ長の短いものしか得られない。即ち、前記した通り、プリフォームロッドは重合過程の分子の拡散状態を利用して屈折率分布を形成したものであるから、形成し得るロッドの大きさには限界がある。従って、工業的に安定した品質のものを量産し、しかも経済的に生産することが困難であった。

【0005】また、従来のGI型プラスチック光ファイバは、屈折率分布が狭いために、ファイバを曲げた時の光量ロスが大きいという問題もあった。

【0006】本発明の目的は、上記従来のGI型プラスチック光ファイバに代わり、量産が可能で伝送帯域が広く且つ曲げによる光量ロスの小さいプラスチック光ファイバを提供することにある。

## 【0007】

【課題を解決するための手段】本発明は、N層（Nは5以上の整数）の同心円状多層構造を有し且つ屈折率が中心から外側に向かって順次段階的に低くなる樹脂製のプラスチック光ファイバであり、中央芯を第1層、最外層を第N層とした時、第1層～第N-2層の樹脂がメチルメタクリレート系重合体であり、第1層～第N-1層の樹脂の光透過性が、各樹脂を芯とし、第N層樹脂を鞘としたステップインデックスプラスチック光ファイバの伝送損失値で表わした場合、650nmの単色光に対し、第1層～第N-2層の各樹脂が200dB/km以下であり、第N-1層の樹脂が3000～100000dB/kmであり、且つ、屈折率が第1層～第N-1層までは各層の半径に対しほぼ二次分布的に段階的に低下し、且つ隣り合った各層間の屈折率差が0.01以下であり、第N-1層と第N層との屈折率差が0.02以上であることを特徴とする多段階屈折率分布プラスチック光ファイバである。

【0008】本発明において、好ましくは上記第N-1層の樹脂の伝送損失値が6000～30000dB/kmである。また、本発明のプラスチック光ファイバは、第1層～第N層の各樹脂を同時に溶融状態で多層複合紡糸して得たものであることが好ましい。

【0009】即ち本発明は、屈折率の異なる樹脂を同心円状に多層積層することにより、ファイバ内に段階状の屈折率勾配を形成してGI型に類似的なマルチステップインデックス型のプラスチック光ファイバとし、特に最外層周辺の構造を特定することにより、光ファイバの曲げ特性を改善したものである。

## 【0010】

【発明の実施の形態】本発明の多段階屈折率分布プラスチック光ファイバの実施形態について説明する。

チック光ファイバにおいては、屈折率の異なる樹脂を積層しているため、ファイバ内に階段状に屈折率勾配が形成される。該屈折率分布を形成した効果は、 $N=5$ 、即ち5種類以上の樹脂を積層することにより得られる。樹脂の種類を無限に増やせば該勾配は滑らかになり、従来のG I型のファイバと同様の効果が得られるが、層数を増やすと設備費が増加するため、必要以上に層数を増やすことは好ましくなく、 $N=20$ 程度が上限である。

【0011】本発明において、中央の芯を第1層、最外層を第N層とした時、第1層から第N-2層までの層からなる部分は本発明のプラスチック光ファイバに、広帯域性と低損失性を付与する部分である。そのため各層の樹脂の屈折率は、ナトリウムD線で20℃で測定した屈折率を目安として、第1層から第N-1層までは各層の半径に対しほぼ二次分布的に段階的に低下せしめ、且つ隣りあった各層間の屈折率差は0.01以下とする。これは、500MHz・50m程度の広帯域を確保するための条件である。より好ましくは、0.0005~0.005である。

【0012】これに対し、第N層はプラスチック光ファイバの曲げによる光ロスを抑制するための光回収層である。そのため第N層樹脂の屈折率は出来るだけ低くして、第N-1層から漏れた光を反射回収させる。従って、第N-1層と第N層の屈折率差は0.02以上の大きな差をつける必要がある。より好ましくは0.04~0.1程度の差をつけるのが効果的である。

【0013】さて、各層の樹脂の光透過性について述べれば、第1層から第N層まで全ての樹脂が光透過性を有する必要があるが、各層毎に要求される光透過性には規定がある。即ち、第1層~第N-2層の樹脂は、その中を光が常に透過しているわけであり、これらの樹脂は極めて光透過性が高くなければならない。

【0014】一方、第N-1層は基本的にはこのファイバの帯域を決する反射層であり、第N-1層に第1層~第N-2層と同様の高い光透過性があれば、第N-1層を透過した光は第N層で全長にわたり反射されるため、結果として帯域は低下してしまうことになる。よって本発明では、第N-1層の樹脂の光透過性を抑制した。これにより、第N-1層を透過して第N層で全反射を繰り返すような高次モードの光も、全ファイバ長を透過するうちに減衰して無視できるようになり、他方でファイバをある部分で急峻に曲げたような時には第N-1層を漏洩した光が第N層で反射し短距離の伝播のうちにモード変換して第N-2層内に有効回収することができる。

【0015】各層樹脂の光透過性を定量的に表現する指標として、各層樹脂を芯とし、第N層樹脂を鞘としたステップインデックスプラスチック光ファイバを製造し、その伝送損失値を用いる。第1層~第N-2層については、各樹脂の伝送損失値は650nmの単色光に対し、200dB/km以下であり、好ましくは150dB/km

km以下である。また第N-1層の樹脂は、3000dB/km~100000dB/kmの範囲にある必要がある。この値が小さい場合には、短距離のファイバでの帯域が狭くなる。大きすぎると、ファイバを曲げた時の光の回収率が下がる。特に好ましくは、6000dB/km~30000dB/kmである。これらの評価のためのステップインデックスプラスチック光ファイバについては、公知の方法により製造した、1mmφの直径のファイバで測定し、第1層~第N-2層の樹脂からなるプラスチック光ファイバについては52m-2mのカットバック法で、第N-1層については伝送損失値の程度に応じて、例えば、3000dBでは5m-1m程度のカットバック法で、100000dB/kmのレベルでは20cmと10cmのカットバック法により測定したものである。

【0016】次に第N-1層の厚さについて述べれば、基本的にはこの層は光反射が目的であり、あまり厚くするのは、無駄であり、2μm~50μmである。より好ましくは5μm~20μmである。

【0017】本発明において、第1層~第N-2層の樹脂は、極めて光透過性に優れているものでなければならぬことから連続溶液重合又は連続塊状重合が可能で屈折率が共重合組成で容易に調整可能なメチルメタクリレート系の重合体を用いる必要がある。

【0018】本発明において用いられるメチルメタクリレート系重合体とは、メチルメタクリレートの単独重合体及びメチルメタクリレートをモノマー主成分とする共重合体であり、メチルメタクリレートの単独重合体を標準にして、メチルメタクリレートと共重合体可能なアクリレート又はメタクリレートとの共重合体を適宜選定することにより、屈折率の異なる重合体を得ることができる。例えば、屈折率の高い重合体を得るには、ベンジル(メタ)アクリレート、フェニル(メタ)アクリレートのようにフェニル構造のあるもの、或いはシクロヘキシル(メタ)アクリレートのようなコモノマーを用いれば良く、屈折率の低い重合体を得るには、炭素数1~8のアルキルアクリレートやフルオロアルキル(メタ)アクリレートのようなコモノマーを用いれば良い。その他、メチルメタクリレートとスチレン或いはアクリロニトリルなどとの共重合体を用いることもできる。

【0019】上記重合体は、連続重合法により重合されることが好ましい。これは、プラスチック光ファイバの伝送損失が大きくなる原因である、異物や酸素の混入による重合体の着色を防止するためである。ここで、連続重合法とは、連続塊状重合法、連続溶液重合法のことを意味し、原料モノマーと重合開始剤と連鎖移動剤の仕込みから重合反応を連続して行うものである。その後の工程としては、引き続き未反応モノマーや溶剤などの揮発成分を連続的に除去する脱揮押出機などの脱揮装置を経由して重合体のみを分離し、固形化することなく溶融状

態のまま、引き続きギヤポンプなどの定量性のある搬送装置で多層複合紡糸ダイに供給する。この工程により、重合体は異物の混入を防ぎ、空気に触れさせることなく、最低の熱履歴のみで光学的に優れた重合体をファイバに形成することができる。連続重合法の中でも特に好ましい工程は、完全混合の重合反応器を1段で行うもので、これは、微分的な組成の重合体ができるので透明性に優れており好ましい。

【0020】上記のようにして重合したメチルメタクリレート系重合体の好ましいメルトフローインデックスはオリフィスの直径2mm、長さ8mmで、230℃、3.8Kgの荷重にて0.2～60g/10分の範囲のものであり、特に好ましくは1.0～40g/10分のものである。

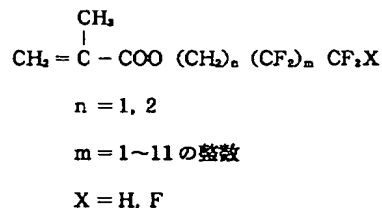
【0021】第1層～第N-2層に用いられるメチルメタクリレート系重合体の組み合わせとしては、例えば、第1層にメチルメタクリレート単独重合体を用い、第2層以上にメチルメタクリレートとフルオロアルキルメタクリレートの共重合体を用いた組み合わせや、第N-2層にメチルメタクリレート単独重合体を用い、第1層～第N-3層にメチルメタクリレートとベンジルメタクリレート或いはスチレンとの共重合体を用いた組み合わせなどが好ましい。

【0022】第N-1層の樹脂については第N-2層の延長線上のメチルメタクリレート共重合体としたり、或いはメチルメタクリレート系重合体とビニリデンフロライド系樹脂の混合物としたりすることができる。この樹脂は、光透過性があり高いものは好ましくないのでメチルメタクリレート系重合体の場合は、成型材料に使用されるようなベレットにして用いたり、他の樹脂などと混合するなどの方法をとることができる。これらの樹脂は押出機で溶融し、ギヤポンプなどの定量供給装置で多層複合紡糸ダイに供給する。

【0023】次に第N層の樹脂について述べる。この層の樹脂は、プラスチック光ファイバの鞘樹脂として公知のフルオロアルキルメタクリレート系樹脂やビニリデンフロライド系樹脂が適用できる。ビニリデンフロライド系樹脂組成物としてはビニリデンフロライドとヘキサフロロプロペンの共重合体、或いはこれらの2元成分にさらに、トリフロロエチレンやテトラフロロエチレンを加えた3元以上の共重合体、さらにビニリデンフロライドとテトラフロロエチレンの2元共重合体、特に、ビニリデンフロライド80モル%とテトラフロロエチレン20モル%からなる共重合体が好ましい。フルオロアルキルメタクリレート系樹脂としては下記式で示されるフルオロアルキルメタクリレートモノマーの1種類以上と、他の共重合可能なフルオロアルキルアクリレートやアルキルメタクリレートやアルキルアクリレートなどとの共重合体が挙げられる。

【0024】

【化1】



【0025】上記フッ素系モノマーの他に、高屈折率成分として、メチルメタクリレートやエチルメタクリレートなどのメタクリレートモノマーやメチルアクリレートやエチルアクリレート、ブチルアクリレートなどのアクリレートモノマーなどとのいろいろな組合せによる共重合体が挙げられる。これらの樹脂は屈折率が1.35～1.43と比較的低いものである。これらの樹脂は第N-1層と同様の取扱いで押出機とギヤポンプを介して多層複合紡糸ダイに供給する。

【0026】本発明においては、各層に応じて設計された重合体を、所定の層の断面積分に応じて多層複合紡糸ダイに供給する。図2に9層構造の多層複合紡糸ダイの縦断面模式図(a)とそのガイドパイプの横断面模式図(b)を示す。図2に示すように、多層複合紡糸ダイは層の数に応じたダイプレートがあり、そのプレートに対応する層の樹脂をガイドするパイプが同心円状に配置されているのが好ましい。図中H1～H9は樹脂受入口、10はガイドパイプである。多層構造化された樹脂は引き落としを行ない、延伸して直径0.25～2.0mm程度のファイバに成形される。

【0027】本発明の多段階屈折率分布プラスチック光ファイバは、通常、その外側にビニリデンフロライド系樹脂等の保護被覆やポリエチレンやポリ塩化ビニル等の保護被覆を行い、多段階屈折率分布プラスチック光ファイバケーブルとして用いられる。

【0028】

【実施例】

【実施例1】図2に示した多層複合紡糸ダイを用いて9層構造の多段階屈折率分布プラスチック光ファイバを製造した。

【0029】精製された原料モノマーとして、メチルメタクリレート、ベンジルメタクリレート、アゾビス-tert-オクタン、ブチルメルカプタンを用いて、第1層～第7層の重合体を得た。重合装置は、7系列の完全混合器と脱揮押出機とギヤポンプからなる装置からなる。それぞれの重合体供給系列からはメチルメタクリレートとベンジルメタクリレートの共重合比率を調節した重合体を得た。

【0030】一方、第8層樹脂として、メチルメタクリレートの単独重合体96重量部とビニリデンフロライドとテトラフロロエチレンの80モル%体20モル%の共重合体4重量部との混合物からなる、屈折率1.489

の樹脂組成物を用いた。

【0031】また、第9層樹脂としては、ビニリデンフロライドとテトラフロロエチレンの80モル%体20モル%の共重合体を用いた。

【0032】上記第1層～第8層の樹脂について予め光透過性を確認するため、1段のステップインデックスプラスチック光ファイバを製造した。即ち、各層の樹脂を芯、上記第9層樹脂を鞘として用い、各樹脂を溶融状態で重合工程と直結した1段複合紡糸ダイに供給して直径が1mmφのプラスチック光ファイバを得た。得られた

ファイバの伝送損失を、測定条件として、650nmの\*

\*単色光、入射NA0.15で、第1層～第7層の樹脂については52m-2mのカットバック法、第8層の樹脂については2m-1mのカットバック法により測定した。結果を表1に示す。

【0033】上記第1層～第7層の樹脂を、重合反応装置、脱揮押出機、ギヤポンプを介して、第8層及び第9層の樹脂は溶融押出機、ギヤポンプを介して、それぞれ複合紡糸ダイに供給した。供給量は表1の通りである。

【0034】

【表1】

	重合体の内容 (重量%/重量%)	屈折率 (nd)	光透過性 (伝送損失 dB/km)	樹脂 供給量 (cc/HR)	厚さ (μm)
第1層	MMA <sup>*1</sup> /BzMA <sup>*2</sup> 共重合比 80/20	1.507	140	158	153 (半径)
第2層	MMA/BzMA共重合比 83/17	1.505	140	129	52
第3層	MMA/BzMA共重合比 86/14	1.503	140	167	53
第4層	MMA/BzMA共重合比 88/12	1.501	140	205	53
第5層	MMA/BzMA共重合比 91/9	1.498	140	243	52
第6層	MMA/BzMA共重合比 95/5	1.496	140	282	53
第7層	MMA 単独重合体	1.492	125	319	54
第8層	MMA単独重合体/ PVdF系樹脂 <sup>*3</sup> 98/4	1.489	10000	100	14
第9層	PVdF系樹脂	1.403	—	100	16

\*1 メチルメタクリレート

\*2 ベンジルメタクリレート

\*3 ビニリデンフロライド系樹脂

【0035】多層複合紡糸ダイの温度は230℃で、ダイの出口から排出されたストランドを引き伸ばし、延伸処理を行ない、直径1.0mmのプラスチック光ファイバを得た。このプラスチック光ファイバの屈折率分布を図1に示す。図中横軸はファイバの中心からの距離である。

【0036】上記プラスチック光ファイバに黒色ポリエチレンで被覆を行ない、ケーブルを得た。

【0037】本実施例のプラスチック光ファイバの伝送損失は650nmにて170dB/kmであった。また、伝送帯域は1GHz・50m以上が認められた。ま

た、上記ケーブルの曲げによる光ロスが光源の入射NAを0.15、ファイバ長16mとし、1mおきに半径25mmの90°曲げを合計15回付与した時で0.4dBと十分小さいことが判明した。

【0038】

【発明の効果】以上説明したように、本発明によれば、広い伝送帯域で曲げによる光量ロスを大幅に低減され、しかも工業的な量産が可能なプラスチック光ファイバが提供される。

【図面の簡単な説明】

【図1】本発明の実施例のプラスチック光ファイバの屈

折率分布を示す図である。

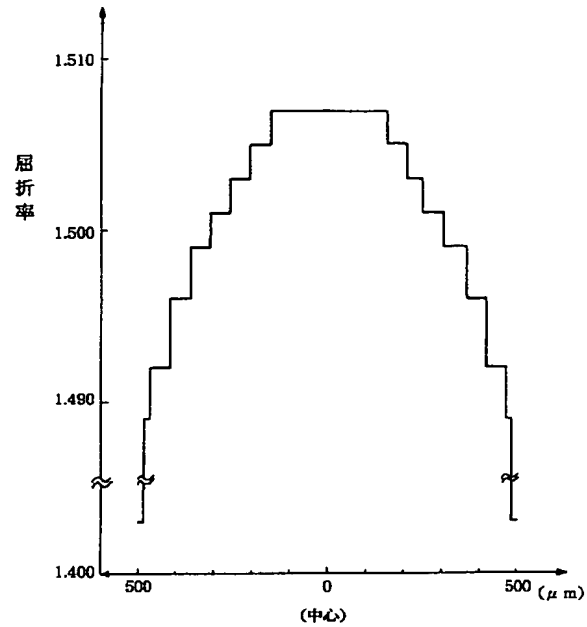
【図 2】本発明の実施例のプラスチック光ファイバの製造に用いた多層複合紡糸ダイの断面模式図である。

\*【符号の説明】

H 1 ～ H 9 樹脂受入口

\* 1 0 ガイドパイプ

【図 1】



【図 2】

